



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
18.04.2018 Patentblatt 2018/16

(51) Int Cl.:
F01D 5/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17195634.5**

(22) Anmeldetag: **10.10.2017**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(72) Erfinder:
• **GÄBLER, Miklos**
14480 Potsdam (DE)
• **BRÜGGMANN, Sven**
12489 Berlin (DE)

(74) Vertreter: **Maikowski & Ninnemann**
Patentanwälte Partnerschaft mbB
Postfach 15 09 20
10671 Berlin (DE)

(30) Priorität: **12.10.2016 DE 102016219818**

(71) Anmelder: **Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG**
15827 Blankenfelde-Mahlow (DE)

(54) **LAUFSCHAUFELBAUGRUPPE FÜR EIN TRIEBWERK**

(57) Die Erfindung betrifft insbesondere eine Laufschaufelbaugruppe (2a, 2b) für ein Triebwerk (T), mit mindestens einem Schaufelträger (23, 24), der mindestens eine Laufschaufel (20, 21) aufweist, die mit mehreren Laufschaufeln (20, 21) entlang einer Kreislinie um eine Mittelachse (M) der Laufschaufelbaugruppe (2a, 2b) vorgesehen ist, wobei

- der Schaufelträger (23, 24) einen sich bezüglich der Laufschaufel (20, 21) radial nach innen in Richtung der Mittelachse (M) erstreckenden Trägerabschnitt (230, 240) aufweist,

- der Trägerabschnitt (230, 240) einen Verbindungsbe-
reich (231, 241) umfasst, an dem eine Versteifungsstruktur (5a, 5b) mit mindestens zwei, ersten und zweiten Versteifungselementen (50, 51) festgelegt ist, und

- das erste Versteifungselement (50) an einer ersten Stirnseite des Schaufelträgers (23, 24) angeordnet ist und das zweite Versteifungselement (51) an einer der ersten Stirnseite abgewandten zweiten Stirnseite angeordnet ist.

Gemäß einem ersten Erfindungsaspekt ist der Schaufelträger (23, 24) ringsegment- oder scheibensegmentförmig ausgebildet und sind die ersten und zweiten Versteifungselemente (50, 51) mit dem Verbindungsbe-
reich (231, 241) des Schaufelträgers (23, 24) und zusätzlich miteinander verbunden.

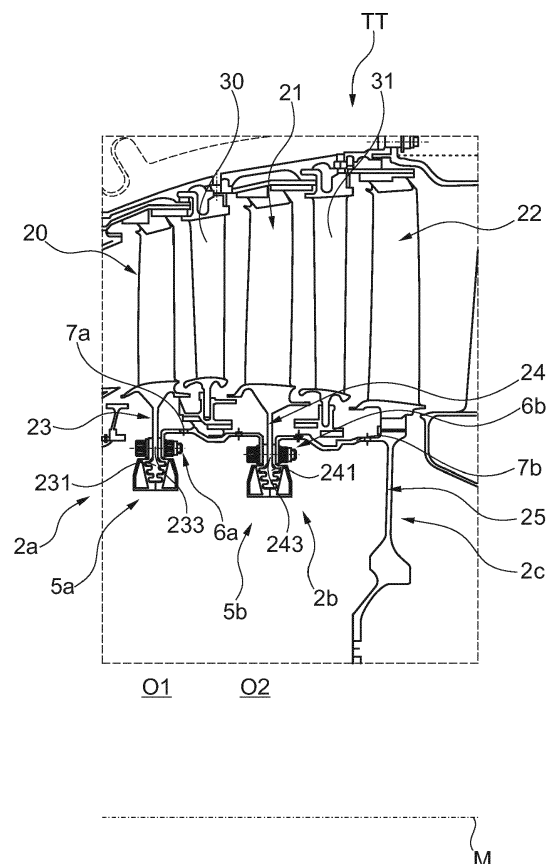


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Laufschaufelbaugruppe für ein Triebwerk mit einem Schaufelträger mit mehreren Laufschaufeln.

[0002] Eine solche Laufschaufelbaugruppe ist beispielsweise Teil eines Verdichters oder einer Turbine des Triebwerks, insbesondere eines Gasturbinentriebwerks. Die Laufschaufeln sind hierbei entlang einer Kreislinie um eine Mittelachse der Laufschaufelbaugruppe vorgesehen, wobei diese Mittelachse üblicherweise mit einer Rotations- oder Mittelachse des Triebwerks zusammenfällt. Der Schaufelträger, an dem die Laufschaufel integral ausgebildet sind oder an dem separat hergestellte Laufschaufeln über je einen Schaufelfuß fixiert sind, weist einen sich bezüglich der Laufschaufeln radial nach innen in Richtung der Mittelachse erstreckenden Trägerabschnitt auf. Dieser Trägerabschnitt bildet üblicherweise einen Teil eines Scheibenkörpers aus, der - unter Berücksichtigung des zur Verfügung stehenden Bauraums - vergleichsweise großflächig ausgebildet ist, um den im Betrieb des Triebwerks auftretenden Belastungen, die durch die schnelle Rotation der Laufschaufelbaugruppe um die Mittelachse entstehen, standzuhalten. Je höher die Rotationsgeschwindigkeit des Schaufelträgers mit den Laufschaufeln und damit die Belastung des Schaufelträgers ist, desto größer ist der Trägerabschnitt und folglich das Gewicht des Schaufelträgers.

[0003] Aus der DE 101 63 951 C1 und DE 102 18 459 B3 ist für die Reduzierung des Gewichts der einer Laufschaufelbaugruppe und eines diese umfassenden Rotors vorgeschlagen, an einem Verbindungsbereich des Trägerabschnitts eine Versteifungsstruktur mit ersten und zweiten Versteifungselemente aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff (englisch "metal matrix composite", kurz "MMC") an dem hier ring- oder scheibenförmigen Schaufelträger vorzusehen. Je ein Versteifungselement ist hierbei als faserverstärkter MMC-Ring ausgestaltet und an je einer Stirnseite des Schaufelträgers angeordnet. So werden beispielsweise zwei MMC-Ringe spiegelbildlich an einem Verbindungsbereich eines sich radial nach innen erstreckenden Trägerabschnitts eines Schaufelträgers festgelegt, und zwar an einer ersten vorderen Stirnseite und an einer zweiten hinteren Stirnseite des Schaufelträgers. Durch die zusätzlichen Versteifungselemente in Form der MMC-Ringe ist der Schaufelträger bei kleinerer radialer Erstreckung des Trägerabschnitts mit höheren Drehzahlen beaufschlagbar und mithin höher belastbar. Dabei ist durch die MMC-Ringe das Gewicht des Schaufelträgers deutlich geringer als bei einem Schaufelträger gleicher Belastbarkeit mit einem größeren Trägerabschnitt.

[0004] Bei den in der DE 101 63 951 C1 und DE 102 18 459 B3 vorgeschlagenen Laufschaufelbaugruppen werden die Versteifungselemente in Form der MMC-Ringe unabhängig voneinander formschlüssig an je einer Stirnseite des Trägerabschnitts fixiert und gegebenenfalls zusätzlich auf einen sich axial erstreckenden Vorsprung des Verbindungsbereiches aufgeschraubt. Jeder MMC-Ring ist dabei separat an der jeweiligen Stirnseite des Trägerabschnitts axial gesichert und bezogen auf eine radial nach außen weisende Querrichtung oberhalb des zugehörigen sich axial erstreckenden Vorsprungs an dem Verbindungsbereich des Trägerabschnitts angeordnet. Die Fixierung und insbesondere axiale Sicherung der einzelnen Versteifungselemente in Form der MMC-Ringe ist damit vergleichsweise aufwendig. Ferner ist die Herstellung des Schaufelträgers mit dem Verbindungsbereich, der zusätzlich eine formschlüssige axiale Sicherungsmöglichkeit integrieren soll, kompliziert und mit relativ hohen Kosten verbunden.

[0005] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine in dieser Hinsicht verbesserte Laufschaufelbaugruppe bereitzustellen, mit der die vorgenannten Nachteile vermieden oder zumindest reduziert werden.

[0006] Diese Aufgabe wird sowohl mit einer Laufschaufelbaugruppe des Anspruchs 1 als auch einer Laufschaufelbaugruppe des Anspruchs 12 gelöst.

[0007] Gemäß einem ersten Erfindungsaspekt ist dabei eine Laufschaufelbaugruppe für ein Triebwerk mit einem ringsegment- oder scheibensegmentförmigen Schaufelträger mit mindestens einer Laufschaufel vorgeschlagen, bei der mindestens zwei, erste und zweite Versteifungselemente einer an einem Verbindungsbereich eines Trägerabschnitts eines Schaufelträgers festgelegten Versteifungsstruktur jeweils nicht nur mit dem Verbindungsbereich verbunden sind, sondern die ersten und zweiten Versteifungselemente auch zusätzlich miteinander verbunden sind.

[0008] Durch die zusätzliche Verbindung der an unterschiedlichen Stirnseiten des Schaufelträgers angeordneten Versteifungselemente wird dabei eine axiale Sicherung der Versteifungselemente aneinander und bezüglich des Schaufelträgers erreicht, ohne dass jedes einzelne Versteifungselement selbst separat an dem Trägerabschnitt des Schaufelträgers axial gesichert werden müsste. Die erfindungsgemäße Lösung nach dem ersten Erfindungsaspekt geht dabei von dem Grundgedanken aus, dass an dem Verbindungsbereich des Schaufelträgers - vorzugsweise zu einer radial bezüglich der Mittelachse verlaufenden Querrichtung symmetrisch ausgestaltete und einander gegenüberliegende - Versteifungselemente an voneinander abgewandten ersten und zweiten Stirnseiten des Schaufelträgers angeordnet sind, die durch ihre zusätzliche Verbindung miteinander axial (bezogen auf die Mittelachse) gesichert sind.

[0009] Die axiale Sicherung beider Versteifungselemente der Versteifungsstruktur ist hierbei in einer Ausführungsvariante über wenigstens eine Verbindungseinrichtung mit mindestens einem separaten Verbindungselement realisiert, das die beiden an unterschiedlichen Stirnseiten angeordneten Versteifungselemente unmittelbar miteinander verbindet und axial gegeneinander sichert. Derart soll keines der Versteifungselemente relativ zu dem anderen Versteifungselement axial verlagerbar sein. Beide Versteifungselemente sind damit in einer bestimmungsgemäßen Lage an dem Trägerabschnitt gehalten.

[0010] Die erfindungsgemäße Lösung ist dabei grundsätzlich unabhängig davon, ob die Laufschaufeln separat hergestellt und an dem Schaufelträger fixiert sind oder die Laufschaufeln integral mit dem Schaufelträger ausgebildet sind und die Laufschaufelbaugruppe damit in Bling- oder Blik-Bauweise gefertigt ist. In einer Ausführungsvariante ist beispielsweise der ringsegment- oder scheibensegmentförmige Schaufelträger mit zumindest mit einer Laufschaufel integral ausgebildet.

[0011] Ein vorstehend angesprochenes separates Verbindungselement für die Verbindung der an unterschiedlichen Stirnseiten des Schaufelträgers angeordneten ersten und zweiten Versteifungselemente miteinander erstreckt sich in einer Ausführungsvariante durch eine Verbindungsöffnung in dem Trägerabschnitt. Bei dieser Verbindungsöffnung kann es sich um eine Durchgangsöffnung, zum Beispiel in Form einer Bohrung, durch den Schaufelträger oberhalb des Verbindungsbereichs handeln, d.h., um eine Durchgangsöffnung, die in einer radial nach außen weisenden Richtung zu dem Verbindungsbereich beabstandet ist. Das mindestens eine separate Verbindungselement erstreckt sich dann beispielsweise durch eine solche Verbindungsöffnung des Schaufelträgers, um die beiden Versteifungselemente axial relativ zueinander festzulegen. Über das mindestens eine sich durch den Trägerabschnitt erstreckende Verbindungselement der Verbindungseinrichtung können dabei nicht nur die beiden Versteifungselemente aneinander fixiert werden, sondern auch die beiden Versteifungselemente an dem Trägerabschnitt.

[0012] In einer Ausführungsvariante erstreckt sich das mindestens eine separate Verbindungselement der Verbindungseinrichtung durch eine Verbindungsöffnung in dem Trägerabschnitt, um die ersten und zweiten Versteifungselemente miteinander zu verbinden. Das Verbindungselement kann hierbei beispielsweise in Form eines Schraubbolzens ausgebildet sein und sich ferner durch je einen radial vorstehenden Verbindungssteg der ersten und zweiten Versteifungselemente hindurch erstrecken. Derart kann in einer Weiterbildung auch vorgesehen sein, dass eine Laufschaufelbaugruppe entlang einer Umfangsrichtung um die Mittelachse mehrere nebeneinander liegende ringsegmentförmige oder scheibensegmentförmige Schaufelträger mit je mindestens einer Laufschaufel umfasst, die an jeder Stirnseite mit einem gemeinsamen - beispielsweise ringförmig ausgebildeten - Versteifungselement der Versteifungsstruktur über mehrere Bolzenverbindungen verbunden sind. Derart dienen die Verbindungseinrichtungen der Laufschaufelbaugruppe nicht nur der Fixierung der beiden ersten und zweiten Versteifungselemente aneinander, sondern auch gleichzeitig der Fixierung der beiden ersten und zweiten Versteifungselemente an mehreren ringsegmentförmigen oder scheibensegmentförmigen Schaufelträgern und einer Kopplung der einzelnen ringsegmentförmigen oder scheibensegmentförmigen Schaufelträger untereinander. Dementsprechend wird hierüber auch eine Verdrehesicherung für die Versteifungselemente einerseits und die Schaufelträger andererseits bereitgestellt.

[0013] In einer Ausführungsvariante ist die Verbindungseinrichtung der Laufschaufelbaugruppe dazu eingerichtet und vorgesehen, die Laufschaufelbaugruppe mit einem Verbindungsbauteil zu verbinden, über das die Laufschaufelbaugruppe mit einer weiteren Laufschaufelbaugruppe drehfest verbunden wird, die innerhalb des Triebwerks entlang der Mittelachse axial versetzt angeordnet ist. So sind einzelne Laufschaufelreihen, die durch je eine Laufschaufelbaugruppe gebildet werden, in einem mehrstufigen Verdichter oder in einer mehrstufigen Turbine des Triebwerks hintereinander angeordnet und drehfest miteinander verbunden. In der vorstehend genannten Ausführungsvariante ist nun ein Verbindungsbauteil für die drehfeste Verbindung einzelner axial zueinander versetzte Laufschaufelreihen gerade über diejenige Verbindungseinrichtung an einem Schaufelträger fixiert, die auch dazu genutzt ist, die beiden auf unterschiedlichen Stirnseiten des Schaufelträgers angeordneten ersten und zweiten Versteifungselemente miteinander zu verbinden und vorzugsweise aneinander und dem Schaufelträger zu fixieren.

[0014] Das Verbindungsbauteil ist hierbei beispielsweise hülsenförmig und mit je einem ringförmigen Befestigungsflansch an jeder Stirnseite ausgebildet, über den das Verbindungsbauteil an einer Schaufelbaugruppe fixiert wird. Alternativ können mehrere jeweils hülsensegmentförmig ausgebildete Verbindungsbauteile vorgesehen sein, um zwei Laufschaufelreihen jeweils im Bereich eines ringsegment- oder scheibensegmentförmigen Schaufelträgers oder jeweils im Bereich mehrerer ringsegment- oder scheibensegmentförmiger Schaufelträger drehfest miteinander zu verbinden.

[0015] In einer möglichen Variante erstreckt sich ein separates Verbindungselement der Verbindungseinrichtung, zum Beispiel ein Steck- oder Schraubbolzen, sowohl durch eine Verbindungsöffnung in dem Trägerabschnitt als auch durch eine Verbindungsöffnung in dem Verbindungsbauteil. Beispielsweise handelt es sich bei der Verbindungsöffnung des Verbindungsbauteils um eine Durchgangsbohrung in einem Flanschabschnitt des Verbindungsbauteils.

[0016] In einer Ausführungsvariante ist vorgesehen dass wenigstens das erste oder zweite Versteifungselement ringförmig ausgebildet ist. In einer Weiterbildung sind beide Versteifungselemente ringförmig ausgebildet. Die ringförmige Ausbildung eines einzelnen Versteifungselements je Stirnseite hat gegenüber mehreren, zum Beispiel ringsegmentförmigen Versteifungselementen je Stirnseite den Vorteil einer einfacheren und schnelleren Montage.

[0017] Zur Gewichtsreduktion ist in einer Ausführungsvariante wenigstens eines der ersten und zweiten Versteifungselemente zumindest teilweise aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff (englisch: "metal matrix composite", kurz: "MMC") hergestellt. Hierbei kann wenigstens eines der ersten und zweiten Versteifungselemente einen außen ummantelten Kern aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff aufweisen. Der Kern kann beispielsweise aus einem verstärkten Titan in MMC-Bauweise bestehen, d.h., insbesondere aus einer Titan-Matrix mit keramischer Verstärkung.

[0018] In einer Ausführungsvariante definiert der Schaufelträger an der Laufschaufelbaugruppe - zusammen mit wei-

teren ringsegment- oder scheibensegmentförmigen Schaufelträgern - eine bezüglich der Mittelachse axial verlaufende zentrale Durchgangsöffnung, die von inneren Rändern der Trägerabschnitte der einzelnen Schaufelträger radial begrenzt ist. Ein aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff gebildeter Abschnitt des ersten oder zweiten Versteifungselements erstreckt sich axial unterhalb eines solchen inneren Randes des Trägerabschnitts eines ringsegment- oder scheibensegmentförmigen Schaufelträgers. Dementsprechend ist in einer solchen Variante vorgesehen, dass der radial innere Rand des Trägerabschnitts, der die vorzugsweise zentral vorgesehene Durchgangsöffnung der Laufschaufelbaugruppe berandet, zumindest teilweise von dem mindestens einen Versteifungselement eingefasst ist, zum Beispiel im Querschnitt L-förmig eingefasst ist, und ein Abschnitt des Versteifungselements bezogen auf eine radial nach außen weisende Querrichtung unterhalb des Verbindungsbereiches verläuft. Der aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff gebildete Abschnitt des an der ersten oder zweiten Stirnseite angeordneten ersten oder zweiten Versteifungselements erstreckt sich hier folglich unterhalb des inneren Randes in Richtung der anderen Stirnseite und stellt folglich eine Abstützung unterhalb dieses inneren Randes durch den Metallmatrix-Verbundwerkstoff bereit. Die Erstreckung des Metallmatrix-Verbundwerkstoff in axialer Richtung unterhalb eines inneren Randes des Trägerabschnitts kann damit einer zusätzlichen Abstützung unterhalb der mindestens einen Laufschaufel und der hiermit gebildeten umfangsseitig umlaufenden Laufschaufelreihe dienen und zu einer robusteren Versteifungsstruktur führen.

[0019] In einer Ausführungsvariante bildet der Verbindungsbereich wenigstens einen axialen Vorsprung aus, der von einem ersten oder zweiten Versteifungselement formschlüssig umgriffen ist, sodass der axiale Vorsprung zumindest teilweise zwischen einem radial äußeren und einem radial inneren Abschnitt dieses Versteifungselements aufgenommen ist. Derart erstreckt sich ein axial vorspringender Abschnitt des Verbindungsbereiches zwischen einem radial äußeren und einem radial inneren Abschnitt des Versteifungselements. Der axiale Vorsprung kann hierbei lokal stegartig vorstehend an dem Verbindungsbereich ausgebildet sein und beispielsweise zwischen den zwei Abschnitten des Versteifungselements in einer nutenförmigen Aussparung des Versteifungselements aufgenommen sein. Der formschlüssige Umgriff eines axialen Vorsprungs des Verbindungsbereiches durch wenigstens eines der Versteifungselemente gestattet nicht nur eine verbesserte Krafteinleitung in und Abstützung durch das jeweilige Versteifungselement, sondern auch eine verbesserte Anbindung des jeweiligen Versteifungselements an den Verbindungsbereich des Schaufelträgers. Das Versteifungselement kann hierdurch beispielsweise einfach axial an die Stirnseite des Schaufelträgers und auf den mindestens einen axialen Vorsprung aufgeschoben oder gesteckt werden und ist über den formschlüssigen Umgriff des axialen Vorsprungs unmittelbar radial gesichert an dem Schaufelträger gehalten.

[0020] Alternativ oder ergänzend zu einem formschlüssigen Umgriff eines axialen Vorsprungs des Verbindungsbereiches kann der Schaufelträger zusammen mit weiteren ringsegment- oder scheibensegmentförmigen Schaufelträgern der Laufschaufelbaugruppe eine bezüglich der Mittelachse axial verlaufende Durchgangsöffnung aufweisen, die von einem inneren Rand des Trägerabschnitts radial begrenzt ist, und kann sich ein erstes oder zweites Versteifungselement der Versteifungsstruktur mit wenigstens einem Abschnitt unterhalb dieses inneren Randes des Verbindungsbereiches axial erstrecken. Ein erstes oder zweites Versteifungselement der Versteifungsstruktur erstreckt sich hier somit mit mindestens einem Abschnitt axial an dem inneren Rand des Verbindungsbereiches entlang von einer Stirnseite in Richtung der anderen Stirnseite des Schaufelträgers. Unabhängig von der Verwendung eines Metallmatrix-Verbundwerkstoffes - und insbesondere unabhängig von der vorstehend erläuterten Gestaltung, bei der sich ein Abschnitt des Versteifungselements aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff axial unterhalb eines inneren Randes erstreckt - kann durch die Erstreckung des Versteifungselementes unterhalb des radial inneren Randes des Schaufelträgers eine verbesserte Abstützung und Versteifung des Schaufelträgers im Bereich des Trägerabschnitts erreicht werden.

[0021] Die Ausbildung wenigstens eines axialen und von einem Versteifungselement formschlüssig umgriffenen Verbindungsbereiches wie auch die axiale Erstreckung wenigstens eines Abschnitts eines ersten oder zweiten Versteifungselements unterhalb eines inneren Randes des Verbindungsbereiches zur Verbesserung der Montierbarkeit der Versteifungsstruktur und der Belastbarkeit des Schaufelträgers sind im Übrigen vorteilhaft mit einer zusätzlichen Verbindung der an unterschiedlichen Stirnseiten des Schaufelträgers angeordneten ersten und zweiten Versteifungselemente kombinierbar, jedoch gleichwohl auch hiervon unabhängig umsetzbar.

[0022] Dementsprechend ist gemäß einem zweiten Erfindungsaspekt eine Laufschaufelbaugruppe für ein Triebwerk mit mindestens einem ringsegment- oder scheibensegmentförmigen Schaufelträger, der mindestens eine Laufschaufel aufweist, vorgeschlagen, bei der eine Versteifungsstruktur vorgesehen ist, die mindestens ein Versteifungselement an einer ersten oder zweiten Stirnseite des Schaufelträgers aufweist. Dabei bildet der Verbindungsbereich gemäß dem zweiten Erfindungsaspekt wenigstens einen axialen Vorsprung aus, der von dem mindestens einen Versteifungselement formschlüssig umgriffen ist, sodass der axiale Vorsprung zumindest teilweise zwischen einem radial äußeren und einem radial inneren Abschnitt des Versteifungselements aufgenommen ist. Alternativ oder ergänzend ist nach dem zweiten Erfindungsaspekt vorgesehen, dass die Laufschaufelbaugruppe eine bezüglich der Mittelachse der Laufschaufelbaugruppe axial verlaufende Durchgangsöffnung aufweist, die von einem inneren Rand des Trägerabschnitts radial begrenzt ist, und sich das mindestens eine Versteifungselement der Versteifungsstruktur mit mindestens einem Abschnitt unterhalb dieses inneren Randes des Verbindungsbereiches axial erstreckt, also von einer Stirnseite in Richtung der anderen Stirnseite.

[0023] Ein axialer Vorsprung des Verbindungsbereiches kann sich grundsätzlich im Wesentlichen parallel zur Mittelachse und mithin im Wesentlichen senkrecht zu einer radial verlaufenden Stirnseite des Trägerabschnitts erstrecken. Der axiale Vorsprung kann jedoch auch einen von 90° abweichenden Winkel zu der Stirnseite einnehmen.

[0024] Ferner kann ein Übergangsbereich zwischen einer im Wesentlichen radial verlaufenden stirnseitigen Trägerfläche an dem Verbindungsbereich und eines Endes des hiermit integral ausgebildeten Vorsprungs konkav gewölbt sein. Der Grad der Wölbung und damit der Verlauf einer Geraden an diesen Übergangsbereich kann dabei je nach Triebwerk und/oder Position der Laufschaufelbaugruppe unterschiedlich gewählt sein, je nachdem, wie stark die an dem Verbindungsbereich auftretenden Kräfte sind und mit welchen Kraftkomponenten diese beispielsweise radial und tangential verlaufen. Beispielsweise verläuft eine Gerade an den Übergangsbereichen in einem Winkel von 0° bis 45° zur Radialrichtung. Der Grad der Wölbung und damit der eingeschlossene Winkel kann dabei zum Beispiel auch in Abhängigkeit von dem verwendeten Herstellungsmaterial für das Versteifungselement erfolgen. Insbesondere mit Blick auf einen Metallmatrix-Verbundwerkstoff und die hierin vorgesehenen Fasern, die in Umfangsrichtung um die Mittelachse höher belastbar sind als in eine tangential Richtung, kann sich ein kleinerer Winkel und mithin eine stärkere konkave Wölbung für den Übergangsbereich (und damit ein weniger "weicher" Übergang zwischen Stirnfläche und Vorsprung) anbieten.

[0025] Der wenigstens eine axiale Vorsprung kann Teil eines im Querschnitt T-förmigen, I-förmigen oder tannenbaumförmigen Profils des Verbindungsbereiches sein. Bei einem T-förmigen Profil sind zwei sich in entgegengesetzte Richtungen axial erstreckende Vorsprünge an dem Verbindungsbereich integral ausgebildet. Bei einem I-förmigen, d.h., nach Art des Querschnittsprofils eines Doppel-T-Trägers ausgebildeten Profils sind dementsprechend zwei radial zueinander beabstandete Paare solcher zweier, sich in entgegengesetzte Richtungen axial erstreckender Vorsprünge vorgesehen. Bei einem tannenbaumförmigen Profil sind wenigstens zwei oder drei radial übereinander angeordnete und zueinander beabstandete Paare sich in entgegengesetzte Richtungen axial erstreckender Vorsprünge vorgesehen, deren axiale Ausdehnung entlang einer Radialrichtung stufenweise ab- oder zunimmt.

[0026] Ein T-förmiges, I-förmiges oder tannenbaumförmiges Profil des Verbindungsbereiches erstreckt sich in einer Ausführungsvariante in Umfangsrichtung um die Mittelachse. In einer Weiterbildung ist der Verbindungsbereich des ringsegment- oder scheibensegmentförmigen Schaufelträgers mit einem sich über die gesamte Länge des Schaufelträgers in Umfangsrichtung erstreckenden T-förmigen, I-förmigen oder tannenbaumförmigen Profil versehen.

[0027] Insbesondere bei einem tannenbaumförmigen Querschnittsprofil des Verbindungsbereiches kann an jeder Stirnseite des Schaufelträgers ein beispielsweise ringförmiges Versteifungselement angeordnet sein, das mit einem entsprechend korrespondierenden Querschnittsprofil als Gegenstück versehen ist und mehrere axiale Vorsprünge, die durch das tannenbaumförmige Querschnittsprofil des Verbindungsbereiches definiert werden, formschlüssig umgreift. Über eine derartige Verbindung zwischen einem jeweiligen Versteifungselement und dem Verbindungsbereich des Schaufelträgers können die im Betrieb des Triebwerks auftretenden radialen Belastungen effizienter von dem Schaufelträger in die Versteifungsstruktur eingeleitet werden. Hierbei werden die auftretenden Kräfte zudem an unterschiedlichen radialen Stellen in die Versteifungsstruktur und mithin verteilt eingeleitet, sodass die Kraftübertragung zwischen dem Schaufelträger und der Versteifungsstruktur verbessert ist. Auch die Anbindung und sichere Fixierung der Versteifungsstruktur an dem Schaufelträger ist erheblich vereinfacht.

[0028] In einer möglichen Weiterbildung können an einem axialen Vorsprung des Verbindungsbereiches, insbesondere an einem axialen Vorsprung eines T-förmigen, I-förmigen oder tannenbaumförmigen Querschnittsprofils des Verbindungsbereiches Dichtelemente und/oder Kühlungsöffnungen vorgesehen werden. Kühlungsöffnungen dienen dann beispielsweise der Zuführung von Kühlluft an den Schaufelträger.

[0029] Mit einer erfindungsgemäßen Laufschaufelbaugruppe sowohl nach dem ersten als auch nach dem zweiten Erfindungsaspekt kann insbesondere ein Gasturbinentriebwerk bereitgestellt werden, bei dem eine oder mehrere Laufschaufelreihen eines Verdichters und/oder eine oder mehrere Laufschaufelreihen einer Turbine gegenüber bisher in der Praxis üblichen Laufschaufelreihen hinsichtlich ihres Gewichts erheblich reduziert sind, wobei jedoch die Montage der Versteifungsstruktur und deren axiale Sicherung vergleichsweise einfach ist. Hierbei können je eine Laufschaufelreihe bildende Laufschaufelbaugruppen, die jeweils mehrere ringsegmentförmige oder scheibensegmentförmige Schaufelträger und erfindungsgemäß eine hieran festgelegte Versteifungsstruktur aufweisen, axial hintereinander angeordnet und drehfest aneinander fixiert sein, insbesondere über ein sich axial erstreckendes Verbindungsbauteil oder mehrere Verbindungsbauteile, die mit mindestens einem Versteifungselement einer Versteifungsstruktur verbunden sind. Selbstverständlich ist jedoch auch eine Kombination einer erfindungsgemäß ausgestalteten Laufschaufelbaugruppe für die Bildung einer Laufschaufelreihe mit einer weiteren, nicht erfindungsgemäß ausgestalteten Laufschaufelbaugruppe einer weiteren Laufschaufelreihe möglich.

[0030] Die beigefügten Figuren veranschaulichen exemplarisch mögliche Ausführungsvarianten der Erfindung.

[0031] Hierbei zeigen:

Figur 1 ausschnittsweise und in Schnittdarstellung einen Teil einer Turbine eines Gasturbinentriebwerks mit zwei Ausführungsvarianten einer erfindungsgemäßen Laufschaufelbaugruppe;

- Figur 2 eine vergrößerte Einzeldarstellung eines Verbindungsbereichs eines Schaufelträgers der Laufschaufelbaugruppe mit einer hieran festgelegten Versteifungsstruktur und einer Anbindung an zwei jeweils axial versetzt angeordneten vorderen und hinteren Laufschaufelbaugruppe;
- 5 Figur 3 schematisch eine Vorderansicht auf die Laufschaufelbaugruppe;
- Figuren 4A-4B in vergrößerter Darstellung ausschnittsweise einen Verbindungsbereich eines Schaufelträgers mit unterschiedlichen Varianten einer hieran angeordneten Versteifungsstrukturen mit MMC-Versteifungsringen;
- 10 Figuren 5A-5B ausschnittsweise und in geschnittener perspektivischer Ansicht Ausführungsvarianten eines Schaufelträgers einer erfindungsgemäßen Laufschaufelbaugruppe mit einem tannenbaumförmigen Profil des Verbindungsbereiches, wobei der Schaufelträger einerseits integral hiermit ausgebildete Laufschaufeln (Figur 5A) aufweist und andererseits für separat hergestellte und hieran zu fixierende Laufschaufeln vorgesehen ist (Figur 5B);
- 15 Figur 6 in geschnittener und vergrößerter Ansicht eine Variante eines Verbindungsbereichs des Schaufelträgers mit tannenbaumförmigem Profil;
- 20 Figur 7 ausschnittsweise und in geschnittener Darstellung eine aus dem Stand der Technik bekannte Ausbildung von Laufschaufelreihen einer Turbine eines Gasturbinentriebwerks;
- Figuren 8 eine Querschnittsansicht eines Turbofan-Triebwerks, bei dem eine Ausführungsvariante einer erfindungsgemäßen Laufschaufelbaugruppe im Bereich eines Verdichters und/oder im Bereich einer Turbine zum Einsatz kommt.
- 25

[0032] Die Figur 8 veranschaulicht schematisch und in Schnittdarstellung ein Gasturbinentriebwerk T, bei dem die einzelnen Triebwerkskomponenten entlang einer Rotationsachse oder Mittelachse M hintereinander angeordnet sind und das Triebwerk T als Turbofan-Triebwerk ausgebildet ist. An einem Einlass oder Intake E des Triebwerks T wird Luft entlang einer Eintrittsrichtung R mittels eines Fans F angesaugt. Dieser in einem Fanggehäuse FC angeordnete Fan F wird über eine Rotorwelle S angetrieben, die von einer Turbine TT des Triebwerks T in Drehung versetzt wird. Die Turbine TT schließt sich hierbei an einen Verdichter V an, der beispielsweise einen Niederdruckverdichter 11 und einen Hochdruckverdichter 12 aufweist, sowie gegebenenfalls noch einen Mitteldruckverdichter. Der Fan F führt einerseits dem Verdichter V Luft zu sowie andererseits einem Sekundärstromkanal oder Bypasskanal B zur Erzeugung des Schubs. Der Bypasskanal B verläuft hierbei um ein den Verdichter V und die Turbine TT umfassendes Kerntriebwerk, das einen Primärstromkanal für die durch den Fan F dem Kerntriebwerk zugeführte Luft umfasst.

[0033] Die über den Verdichter V in den Primärstromkanal geförderte Luft gelangt in einen Brennkammerabschnitt BK des Kerntriebwerks, in dem die Antriebsenergie zum Antreiben der Turbine TT erzeugt wird. Die Turbine TT weist hierfür eine Hochdruckturbine 13, eine Mitteldruckturbine 14 und eine Niederdruckturbine 15 auf. Die Turbine TT treibt dabei über die bei der Verbrennung frei werdende Energie die Rotorwelle S und damit den Fan F an, um über die in den Bypasskanal B geförderte Luft den erforderlichen Schub zu erzeugen. Sowohl die Luft aus dem Bypasskanal B als auch die Abgase aus dem Primärstromkanal des Kerntriebwerks strömen über einen Auslass A am Ende des Triebwerks T aus. Der Auslass A weist hierbei üblicherweise eine Schubdüse mit einem zentral angeordneten Austrittskonus C auf.

[0034] Sowohl im Bereich des (Axial-) Verdichters mit seinem Niederdruckverdichter 11 und seinem Hochdruckverdichter 12 als auch im Bereich der Turbine TT werden bekanntermaßen um die Mittelachse M rotierende Laufschaufelbaugruppen eingesetzt, die je eine Laufschaufelreihe aufweisen und bei denen die Laufschaufeln an einem ring- oder scheibenförmigen Schaufelträger vorgesehen sind. Der ring- oder scheibenförmige Schaufelträger kann hierbei grundsätzlich integral beschaufelt sein und damit in Bling- oder Blisk-Bauweise hergestellt sein. Alternativ ist die Fixierung einzelner Laufschaufeln über ihren jeweiligen Schaufelfuß an einem ring- oder scheibenförmigen Schaufelträger möglich. Hierfür wird beispielsweise ein Schaufelfuß in eine Befestigungsnut des Schaufelträgers axial eingeschoben und axial an dem jeweiligen Schaufelträger gesichert.

[0035] Anhand der Figur 7 sind exemplarisch mehrere entlang der Mittelachse M hintereinander angeordnete Laufschaufelbaugruppen 2a, 2b und 2c der Turbine TT veranschaulicht. Der in der Figur 5 dargestellte Ausschnitt zeigt hierbei nur einen Teil oberhalb der Mittelachse M im Bereich der Mitteldruckturbine 14 oder der Niederdruckturbine 15. Die einzelnen Laufschaufelbaugruppen 2a, 2b und 2c sind drehfest über Flanschverbindungen 4.1 und 4.2 miteinander verbunden. Ferner weist jede Laufschaufelbaugruppe 2a, 2b und 2c je einen ring- oder scheibenförmigen Schaufelträger 23, 24 oder 25 auf, an dem einzelne Laufschaufeln 20, 21 oder 22 einer Schaufelreihe entlang einer Kreislinie um die

Mittelachse M hintereinander angeordnet und an dem jeweiligen Schaufelträger 23, 24 oder 25 über einen Schaufelfuß 200, 210 oder 220 einer Laufschaufel 20, 21 oder 22 fixiert sind. In axialer Richtung entlang der Mittelachse M wechseln sich dabei Laufschaufelreihen der Laufschaufelbaugruppen 2a, 2b und 2c mit feststehenden Leitschaufelreihen ab. Die Leitschaufelreihen weisen jeweils Leitschaufeln 30 oder 31 auf, die ebenfalls umfangseitig umlaufend entlang einer

Kreislinie um die Mittelachse M angeordnet sind.

[0036] Infolge der hohen Drehzahlen und der damit einhergehenden Belastungen weist jeder Schaufelträger 23, 24 oder 25 einer Laufschaufelbaugruppe 2a, 2b oder 2c des Standes der Technik einen sich radial nach innen erstreckenden Trägerabschnitt 230, 240 oder 250 auf. Ein scheibenförmiger Trägerabschnitt 250 der hinteren Laufschaufelbaugruppe 2c dient beispielsweise der drehbaren Lagerung der untereinander drehfest verbundenen Laufschaufelbaugruppen 2a, 2b und 2c. In dem Trägerabschnitt 230, 240 zweier - bezogen auf die Strömungsrichtung durch das Triebwerk T - vorderer Laufschaufelbaugruppen 2a und 2b ist vor allem zur Gewichtsreduktion eine zentrale Durchgangsöffnung 01 oder 02 vorgesehen, beispielsweise in Form einer Bohrung. Mit Blick auf den notwendigen Bauraum der Laufschaufelbaugruppen 2a und 2b sowie deren Gewicht ist vor allem entscheidend, welche radiale Erstreckung die Schaufelträger 23 und 24 aufweisen, um den im Betrieb auftretenden Belastungen standhalten zu können.

[0037] Bei den unterschiedlichen Varianten einer erfindungsgemäßen Lösung, die beispielsweise in der Figur 1 exemplarisch an zwei Laufschaufelbaugruppen 2a und 2b der Turbine TT veranschaulicht sind, wird eine deutliche Verkleinerung der sich radial erstreckenden Trägerabschnitte 230 oder 240 durch das Vorsehen je einer Versteifungsstruktur 5a oder 5b erreicht. Jede Versteifungsstruktur 5a oder 5b weist zwei ringförmige Versteifungselemente in Form von (MMC-) Versteifungsringen 50 und 51 auf, die einander gegenüberliegend an den Stirnseiten des jeweiligen Schaufelträgers 23 oder 24 angeordnet sind. Die Versteifungsringe 50 und 51 sind einerseits unmittelbar miteinander verbunden - vorzugsweise über wenigstens ein zusätzliches Verbindungselement. Andererseits umgreifen beide Versteifungsringe 50, 51 jeweils einen Verbindungsbereich 231 oder 241 des jeweiligen Trägerabschnitts 230 oder 240 zumindest abschnittsweise formschlüssig, der ein in Umfangsrichtung durchgängiges Profil mit wenigstens zwei sich in entgegengesetzte Richtungen axial erstreckenden Vorsprüngen aufweist. Dabei ist der Verbindungsbereich 231, 241 jeweils mit einem tannenbaumförmigen (Querschnitts-) Profil versehen.

[0038] Die beiden auf einander abgewandten Stirnseiten eines Schaufelträgers 23 oder 24 angeordneten Versteifungsringe 50 und 51 einer Laufschaufelbaugruppe 2a oder 2b sind jeweils über eine Verbindungseinrichtung 6a oder 6b miteinander verbunden und vorliegend aneinander sowie an dem Trägerabschnitt 230 oder 240 fixiert. Die jeweilige Verbindungseinrichtung 6a oder 6b umfasst hierbei mindestens ein separates Verbindungselement in Form eines Schraubbolzens 60. Dieser Schraubbolzen 60 ist unter anderem oberhalb des jeweiligen Verbindungsbereichs 231, 241 für die Versteifungsstruktur 5a oder 5b vorgesehen. Zur axialen Fixierung ist eine Mutter 61 auf den Schraubbolzen 60 aufgedreht. Hierbei erstreckt sich der Schraubbolzen 60 oberhalb des jeweiligen Verbindungsbereichs 231, 241 unter anderem jeweils durch eine Verbindungsöffnung, die in einem randseitigen, radial vorstehenden Verbindungssteg 50a oder 50b eines Versteifungsringes 50 oder 51 ausgebildet ist, sowie durch eine Verbindungsöffnung 233 oder 243 in dem Trägerabschnitt 230, 240.

[0039] Ferner ist über einen Schraubbolzen 60 auch eine Fixierung mindestens eines Verbindungsbauteils 7a, 7b an einen Schaufelträger 23, 24 realisiert. So sind die einzelnen Laufschaufelbaugruppen 2a, 2b und 2c über mehrere hülsenförmige Verbindungsbauteile 7a, 7b drehfest miteinander verbunden. Die erfindungsgemäß mit je einer Versteifungsstruktur 5a, 5b versehenen Laufschaufelbaugruppen 2a und 2b sind über ein erstes hülsenförmiges Verbindungsbauteil 7a drehfest miteinander verbunden, während die Laufschaufelbaugruppe 2b über ein weiteres, zweites hülsenförmiges Verbindungsbauteil 7b drehfest mit der hinteren Laufschaufelbaugruppe 2c verbunden ist. Jedes der hülsenförmigen Verbindungsbauteile 7a, 7b weist an seinen Stirnseiten einen ringförmigen Flanschabschnitt 70a, 70b auf. Dieser Flanschabschnitt 70a oder 70b weist in Umfangsrichtung mehrere nebeneinander angeordnete Verbindungsöffnungen für die Fixierung an den Laufschaufelbaugruppen 2a, 2b und 2c auf.

[0040] Vorliegend ist im Zuge der einfacheren Montage und zur zusätzlichen Gewichtsreduktion und Erhöhung der Kompaktheit vorgesehen, dass die Verbindungsbauteile 7a und 7b an einer Laufschaufelbaugruppe 2a oder 2b zusätzlich über eine Verbindungseinrichtung 6a und 6b an den Schaufelträgern 23 und 24 fixiert werden, über die auch die Versteifungsringe 5a und 5b aneinander und an den jeweiligen Schaufelträger 23 oder 24 fixiert werden. Ein einzelner Schraubbolzen 60 erstreckt sich somit durch Verbindungsöffnungen der Flanschabschnitte 70a, 70b und der Versteifungsringe 50, 51 sowie durch eine Verbindungsöffnung 233 oder 243 des jeweiligen Schaufelträgers 23 oder 24.

[0041] Wie auch anhand der vergrößerten Darstellung der Figur 2 ersichtlich ist, sind derart die Verbindungsstege 50a und 50b der Versteifungsringe 50 und 51 sandwichartig zwischen den Flanschabschnitten 70a und 70b fixiert. Zwischen den Verbindungsstegen 50a und 50b ist wiederum ein Teil des Trägerabschnitts des jeweiligen Schaufelträgers - in der Figur 2 exemplarisch der Träger 240 des Schaufelträgers 24 - sandwichartig angeordnet.

[0042] Umfangsseitig sind die Versteifungsringe 50 und 51 an mehreren Stellen über je eine Verbindungseinrichtung 6a oder 6b mit mindestens einem Schraubbolzen 60 an unterschiedlichen, jeweils ringsegmentförmig oder scheibensegmentförmig ausgestalteten Schaufelträgern 23, 24 fixiert, wobei an diesen Versteifungsringen 50, 51 über denselben Schraubbolzen 60 wiederum mindestens ein hülsenförmiges Verbindungsbauteil 7a, 7b fixiert ist. Dies ist insbesondere

anhand der Vorderansicht der Figur 3 schematisch veranschaulicht.

[0043] Die in der Figur 3 exemplarisch und lediglich schematisch veranschaulichte Laufschaufelbaugruppe 2b weist entlang einer Umfangsrichtung um die Mittelachse M mehrere jeweils ringsegmentförmige oder scheibensegmentförmige Schaufelträger 24 mit mindestens einer Laufschaufel 21, vorliegend drei Laufschaufeln 21, auf, sodass die einzelnen Schaufelträger 24 eine umfangsseitig umlaufende Laufschaufelreihe definieren. Die einzelnen ringsegmentförmigen oder scheibensegmentförmigen Schaufelträger 24 sind hierbei dann jeweils über zwei an den unterschiedlichen Stirnseiten angeordnete Versteifungsringe 50 und 51 versteift und relativ zueinander über die Schraubbolzen 60 fixiert sowie darüber hinaus auch gleichzeitig mit wenigstens einem Verbindungsbauteil 7a oder 7b verbunden, über das wiederum eine drehfeste Verbindung zu einer weiteren Laufschaufelbaugruppe 2a oder 2c realisiert ist.

[0044] Wie anhand der Figuren 4A und 4B für unterschiedliche Varianten der Versteifungsstrukturen 5a, 5b veranschaulicht ist, weist jeder Versteifungsring 50, 51 der jeweiligen Versteifungsstruktur 5a oder 5b einen ummantelten MMC-Kern 500 auf, beispielsweise einen TiMMC-Kern. Über die Herstellung der Versteifungsringe 50 und 51 in MMC-Bauweise wird bei vergleichsweise geringem Gewicht eine erheblich erhöhte Steifigkeit der Schaufelträger 23 oder 24 erreicht. Hierbei erstreckt sich ein Versteifungsring 50 oder 51 mit einem Umgriffabschnitt 50.1 oder 51.2 axial unterhalb eines der jeweiligen Durchgangsöffnung 01 oder 02 zugewandten Randes des Verbindungsbereiches 231 oder 241 in Richtung der anderen Stirnseite. Ein radial innenliegender Rand des jeweiligen Schaufelträgers 23 oder 24 ist somit von jedem Versteifungsring 50 oder 51 zumindest teilweise L-förmig umgriffen. Hierdurch wird insbesondere die radiale Sicherung des jeweiligen Versteifungsringes 50, 51 an dem Trägerabschnitt 230 oder 240 erleichtert und ist auch eine Abstützung des Schaufelträgers 23, 24 unterhalb des Verbindungsbereichs 231, 241 erreicht.

[0045] Vorliegend erstrecken sich beide Versteifungsringe 50 und 51 mit je einem Umgriffabschnitt 50.1 oder 51.2 soweit axial unterhalb des inneren Randes des Trägerabschnitts 231 oder 241 des Schaufelträgers 23 oder 24, dass die Versteifungsringe 50 und 51 über ihre Umgriffabschnitte 50.1 und 51.2 unmittelbar aneinander anliegen. Die beiderseits des Verbindungsbereichs 231 oder 241 vorgesehenen Versteifungsringe 50 und 51, die jeweils formschlüssig an dem jeweiligen Verbindungsbereich 231 oder 241 gehalten sind, liegen folglich unmittelbar aneinander an und die damit gebildete Versteifungsstruktur 5a oder 5b erstreckt vollständig durch die Durchgangsöffnung 01 oder 02 hindurch.

[0046] Durch die Versteifungsstruktur 5a oder 5b mit den an den voneinander abgewandten Stirnseiten des Schaufelträgers 23 oder 24 angeordneten Versteifungsringen 50 und 51 können vor allem radial wirkende Kräfte aufgenommen werden. Durch die umfangsseitig umlaufende Profilierung des Verbindungsbereiches 231 oder 241 ist dabei aber gleichzeitig eine einfachere Montage und einfache radiale Sicherung der an den Schaufelträger 23 oder 24 zu montierenden Versteifungsringe 50 und 51 gegeben.

[0047] Bei einem tannenbaumförmigen Querschnittsprofil entsprechend den Varianten der Figuren 4A und 4B bildet der hier exemplarisch dargestellte Verbindungsbereich 241 Paare sich in entgegengesetzte Richtungen axial erstreckender Vorsprünge 2410.1/2410.2, 2411.1/2411.2 und 2412.1/2412.2 aus. Jeder dieser axialen Vorsprünge 2410.1 bis 2412.2 steht ringförmig an einer Stirnseite des Trägerabschnitts 240 hervor. Zur Ausbildung des tannenbaumförmigen Profils nimmt dabei die axiale Länge der einzelnen axialen Vorsprünge 2410.1 bis 2412.1 oder 2410.2 bis 2412.2 je Stirnseite in radialer Richtung ab, vorliegend radial nach innen. Dementsprechend weist ein paar axialer Vorsprünge 2412.1/2412.2, das der Durchgangsöffnung 02 am nächsten liegt, die geringste axiale Erstreckung auf und die radial weiter außen angeordneten Paare axialer Vorsprünge 2411.1/2411.2 und 2410.1/2410.2 stehen jeweils axial weiter vor.

[0048] An den einzelnen Versteifungsringen 50 und 51 sind mit den Vorsprüngen 2410.1 bis 2412.1 oder 2410.2 bis 2412.2 einer Stirnseite korrespondierende Nuten vorgesehen, sodass der jeweilige an einer Stirnseite angebrachte Versteifungsring 50 oder 51 jeden Vorsprung 2410.1 bis 2412.1 oder 2410.2 bis 2412.2 an der jeweiligen Stirnseite formschlüssig umgreift und folglich jeder Vorsprung 2410.1 bis 2412.2 jeweils zwischen einem radial weiter innenliegenden und radial weiter außen liegenden Abschnitt des jeweiligen Versteifungsringes 50 oder 51 aufgenommen ist. Durch die derart gebildete formschlüssige Verbindung zwischen Schaufelträger 24 und den Versteifungsringen 50 und 51 werden im Betrieb des Triebwerks T auftretende Radiallasten über das tannenbaumförmige Profil verteilt in die Versteifungsstruktur 5a eingeleitet. Zudem ist hierüber die Versteifungsstruktur 5a an dem Trägerabschnitt 240 des Schaufelträgers 24 ohne zusätzliche Befestigungsmittel bereits durch das Aufstecken der Versteifungsringe 50, 51 radial festgelegt.

[0049] Bei der Ausführungsvariante der Figur 4B ist ferner vorgesehen, dass der MMC-Kern 500 eines Versteifungsringes 50 oder 51 sich mit zumindest einem Abschnitt 500.1 oder 500.2 aus dem Metallmatrix-Verbundwerkstoff unterhalb des inneren Randes des Trägerabschnitts 240 erstreckt. Hierbei ist der MMC-Kern im Querschnitt im Wesentlichen L-förmig. Bei der Variante der Figur 2A ist damit der MMC-Kern 500 nur axial neben dem Verbindungsbereich 241 und insbesondere neben den Vorsprüngen 2410.1 bis 2412.2 angeordnet. Bei der Variante der Figur 2B ist der MMC-Kern 500 demgegenüber axial neben dem Verbindungsbereich 241 und zumindest teilweise unterhalb des Verbindungsbereichs 241 und folglich insbesondere neben den Vorsprüngen 2410.1 bis 2412.2 und zumindest teilweise unterhalb der Vorsprünge 2410.1 bis 2412.2 angeordnet.

[0050] Mit den Figuren 5A und 5B sind zwei unterschiedliche Varianten der Schaufelträger 23, 24 der Laufschaufelbaugruppe 2a oder 2b veranschaulicht. In beiden Varianten weist der Schaufelträger 23, 24 ein sich in Umfangsrichtung

erstreckendes tannenbaumförmiges Querschnittsprofil an dem Verbindungsbereich 231 oder 243 für die Versteifungsstruktur 5a oder 5b und deren hier anzubringenden Versteifungsringe 50 und 51 auf. Während bei der Variante der Figur 5A der ringsegment- oder scheibensegmentförmige Schaufelträger 23, 24 mit integral hieran ausgebildeten Laufschaufeln 20, 21 ausgebildet ist, weist der Schaufelträger 23, 24 der Figur 5B mehrere umfangsseitig nebeneinander angeordnete Befestigungsnuten 232, 242 für hieran zu fixierende Schaufelfüße 200, 210 der Laufschaufeln 20, 21 auf.

[0051] Anhand der Querschnittsdarstellung der Figur 6 ist ferner mit Blick auf ein tannenbaumförmiges Profil des Verbindungsbereiches 241 eines Schaufelträgers 24 exemplarisch veranschaulicht, über welche Konstruktionsparameter gegebenenfalls die Verbindung zwischen dem Schaufelträger 24 und den Versteifungsringen 50, 51 und damit die Kraftübertragung in die Versteifungsstruktur 5b beeinflusst werden kann.

[0052] Beispielsweise ist vorliegend ein Radius R_a für einen Übergangsbereich zwischen einer sich radial erstreckenden Stirnfläche des Trägerabschnitts 240 und einem radial äußersten Vorsprung 2410.1 einer Stirnseite gezeigt, über dessen Größe der Grad der Konkavität des Übergangsbereichs beeinflusst wird.

[0053] Eine Geometrie des tannenbaumförmigen Profils kann ferner durch einen Winkel α charakterisiert sein, den zwei Tangenten zueinander einnehmen, die jeweils in einer Querschnittsansicht längs der Mittelachse M an die Enden der axialen Vorsprünge 2410.1 bis 2412.1 oder 2410.2 bis 2412.2 einer Stirnseite angelegt sind. Je größer der Winkel α ist, desto größer ist die axiale Ausdehnung des tannenbaumförmigen Profils und/oder desto größer ist die Abstufung in der axialen Ausdehnung zwischen den an einer Stirnseite vorgesehenen Vorsprüngen 2410.1 bis 2412.1 oder 2410.2 bis 2412.2.

Bezugszeichenliste

[0054]

11	Niederdruckverdichter
12	Hochdruckverdichter
13	Hochdruckturbine
14	Mitteldruckturbine
15	Niederdruckturbine
20, 21, 22	Laufschaufel
200, 210, 220	Schaufelfuß
23, 24, 25	Schaufelträger
230, 240, 250	Trägerabschnitt
231	Verbindungsbereich
232, 242	Befestigungsnut
233, 243	Verbindungsöffnung
241	Verbindungsbereich
2410.1, 2410.2, 2411.1, 2411.2, 2412.1, 2412.2	Axialer Vorsprung
2a, 2b, 2c	Laufschaufelbaugruppe
30, 31	Leitschaufel
4.1, 4.2	Flanschverbindung
50, 51	Versteifungsring (Versteifungselement)
50.1, 51.2	Umgriffabschnitt
500	MMC-Kern
500.1, 500.2,	MMC-Abschnitt
50a, 50b	Verbindungssteg
5a, 5b	Versteifungsstruktur
60	Schraubbolzen
61	Mutter
6a, 6b	Verbindungseinrichtung
70a, 70b	Flanschabschnitt
7a, 7b	Verbindungsbauteil (hülsen-/hülsesegmentförmig)
A	Auslass
B	Bypasskanal
BK	Brennkammerabschnitt
C	Austrittskonus
E	Einlass / Intake
F	Fan
FC	Fanghäuse

M	Mittelachse / Rotationsachse
O1, O2	Durchgangsöffnung
R	Eintrittsrichtung
Ra	Radius
5 S	Rotorwelle
T	Turbofan-Triebwerk (Gasturbinentriebwerk)
TT	Turbine
V	Verdichter
10 α	Winkel

Patentansprüche

1. Laufschaufelbaugruppe für ein Triebwerk (T), mit mindestens einem Schaufelträger (23, 24), der mindestens eine Laufschaufel (20, 21) aufweist, die mit mehreren Laufschaufeln (20, 21) entlang einer Kreislinie um eine Mittelachse (M) der Laufschaufelbaugruppe (2a, 2b) vorgesehen ist, wobei
 - der Schaufelträger (23, 24) einen sich bezüglich der mindestens eine Laufschaufel (20, 21) radial nach innen in Richtung der Mittelachse (M) erstreckenden Trägerabschnitt (230, 240) aufweist,
 - der Trägerabschnitt (230, 240) einen Verbindungsbereich (231, 241) umfasst, an dem eine Versteifungsstruktur (5a, 5b) mit mindestens zwei, ersten und zweiten Versteifungselementen (50, 51) festgelegt ist, und
 - das erste Versteifungselement (50) an einer ersten Stirnseite des Schaufelträgers (23, 24) angeordnet ist und das zweite Versteifungselemente (51) an einer der ersten Stirnseite abgewandten zweiten Stirnseite angeordnet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass
 der Schaufelträger (23, 24) ringsegment- oder scheibensegmentförmig ausgebildet ist und die ersten und zweiten Versteifungselemente (50, 51) mit dem Verbindungsbereich (231, 241) des Schaufelträgers (23, 24) und zusätzlich miteinander verbunden sind.
2. Laufschaufelbaugruppe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die an unterschiedlichen Stirnseiten des Schaufelträgers (23, 24) angeordneten ersten und zweiten Versteifungselemente (50, 51) über wenigstens eine Verbindungseinrichtung (6a, 6b) miteinander verbunden sind.
3. Laufschaufelbaugruppe nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich mindestens ein separates Verbindungselement (60) der Verbindungseinrichtung (6a, 6b) durch eine Verbindungsöffnung (243) in dem Trägerabschnitt (230, 240) erstreckt, um die ersten und zweiten Versteifungselemente (50, 51) miteinander zu verbinden.
4. Laufschaufelbaugruppe nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungseinrichtung (6a, 6b) ferner dazu eingerichtet und vorgesehen ist, die Laufschaufelbaugruppe (2a, 2c) mit einem Verbindungsbauteil (7a, 7b) zu verbinden, über das die Laufschaufelbaugruppe (2a, 2b) mit einer weiteren Laufschaufelbaugruppe (2b, 2a, 2c) drehfest verbunden wird, die innerhalb des Triebwerks (T) entlang der Mittelachse (M) axial versetzt angeordnet ist.
5. Laufschaufelbaugruppe nach den Ansprüchen 3 und 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich das mindestens eine separate Verbindungselement (60) sowohl durch eine Verbindungsöffnung (243) in dem Trägerabschnitt (230, 240) als auch eine Verbindungsöffnung in dem Verbindungsbauteil (7a, 7b) erstreckt.
6. Laufschaufelbaugruppe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens das erste oder zweite Versteifungselement (50, 51) ringförmig ausgebildet ist.
7. Laufschaufelbaugruppe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eines der ersten und zweiten Versteifungselemente (50, 51) zumindest teilweise aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff hergestellt ist.
8. Laufschaufelbaugruppe nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eines der ersten und zweiten Versteifungselemente (50, 51) einen außen ummantelten Kern (500) aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff aufweist.

9. Laufschaufelbaugruppe nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** Laufschaufelbaugruppe (2a, 2b) eine bezüglich der Mittelachse (M) axial verlaufende Durchgangsöffnung (01, 02) aufweist, die von einem inneren Rand des Trägerabschnitts (230, 240) radial begrenzt ist, und sich ein aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff gebildeter Abschnitt des ersten oder zweiten Versteifungselementes (50, 51) unterhalb dieses inneren Randes des Verbindungsbereichs (231, 241) axial erstreckt
10. Laufschaufelbaugruppe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verbindungsbereich (231, 241) wenigstens einen axialen Vorsprung (2410.1-2412.2) ausbildet, der von einem ersten oder zweiten Versteifungselement (50, 51) formschlüssig umgriffen ist, sodass der axiale Vorsprung (2410.1-2412.2) zumindest teilweise zwischen einem radial äußeren und einem radial inneren Abschnitt dieses Versteifungselementes (50, 51) aufgenommen ist.
11. Laufschaufelbaugruppe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Laufschaufelbaugruppe (2a, 2b) eine bezüglich der Mittelachse (M) axial verlaufende Durchgangsöffnung (01, 02) aufweist, die von einem inneren Rand des Trägerabschnitts (230, 240) radial begrenzt ist, und sich ein erstes oder zweites Versteifungselement (50, 51) der Versteifungsstruktur (5a, 5b) mit wenigstens einem Abschnitt (50.1, 51.2) unterhalb dieses inneren Randes des Verbindungsbereichs (231, 241) axial erstreckt.
12. Laufschaufelbaugruppe für ein Triebwerk (T), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 11, mit mindestens einem Schaufelträger (23, 24), der mindestens eine Laufschaufel (20, 21) aufweist, die mit mehreren Laufschaufeln (20, 21) entlang einer Kreislinie um eine Mittelachse (M) der Laufschaufelbaugruppe (2a, 2b) vorgesehen ist, wobei
 - der Schaufelträger (23, 24) einen sich bezüglich der mindestens einen Laufschaufel (20, 21) radial nach innen in Richtung der Mittelachse (M) erstreckenden Trägerabschnitt (230, 240) aufweist,
 - der Trägerabschnitt (230, 240) einen Verbindungsbereich (231, 241) umfasst, an dem eine Versteifungsstruktur (5a, 5b) mit mindestens einem Versteifungselement (50, 51) festgelegt ist, und
 - das Versteifungselement (50, 51) an einer ersten oder zweiten Stirnseite des Schaufelträgers (23, 24) angeordnet ist,**dadurch gekennzeichnet, dass**
der Schaufelträger (23, 24) ringsegment- oder scheibensegmentförmig ausgebildet ist und
 - (a) der Verbindungsbereich (231, 241) wenigstens einen axialen Vorsprung (2410.1-2412.2) ausbildet, der von dem mindestens einen Versteifungselement (50, 51) formschlüssig umgriffen ist, sodass der axiale Vorsprung (2410.1-2412.2) zumindest teilweise zwischen einem radial äußeren und einem radial inneren Abschnitt des Versteifungselementes (50, 51) aufgenommen ist, und/oder
 - (b) die Laufschaufelbaugruppe (2a, 2b) eine bezüglich der Mittelachse (M) axial verlaufende Durchgangsöffnung (01, 02) aufweist, die von einem inneren Rand des Trägerabschnitts (230, 240) radial begrenzt ist, und sich das mindestens eine Versteifungselement (50, 51) der Versteifungsstruktur (5a, 5b) mit wenigstens einem Abschnitt (50.1, 51.2) unterhalb dieses inneren Randes des Verbindungsbereichs (231, 241) axial erstreckt.
13. Laufschaufelbaugruppe nach Anspruch 10 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der axiale Vorsprung (2410.1-2412.2) Teil eines im Querschnitt T-förmigen, I-förmigen oder tannenbaumförmigen Profils des Verbindungsbereichs (231, 241) ist.
14. Laufschaufelbaugruppe nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich das T-förmige, I-förmige oder tannenbaumförmige Profil des Verbindungsbereichs (231, 241) zumindest abschnittsweise entlang einer Kreislinie um die Mittelachse (M) erstreckt.
15. Gasturbinentriebwerk mit mindestens einer Laufschaufelbaugruppe (2a, 2b) nach einem der Ansprüche 1 bis 14.

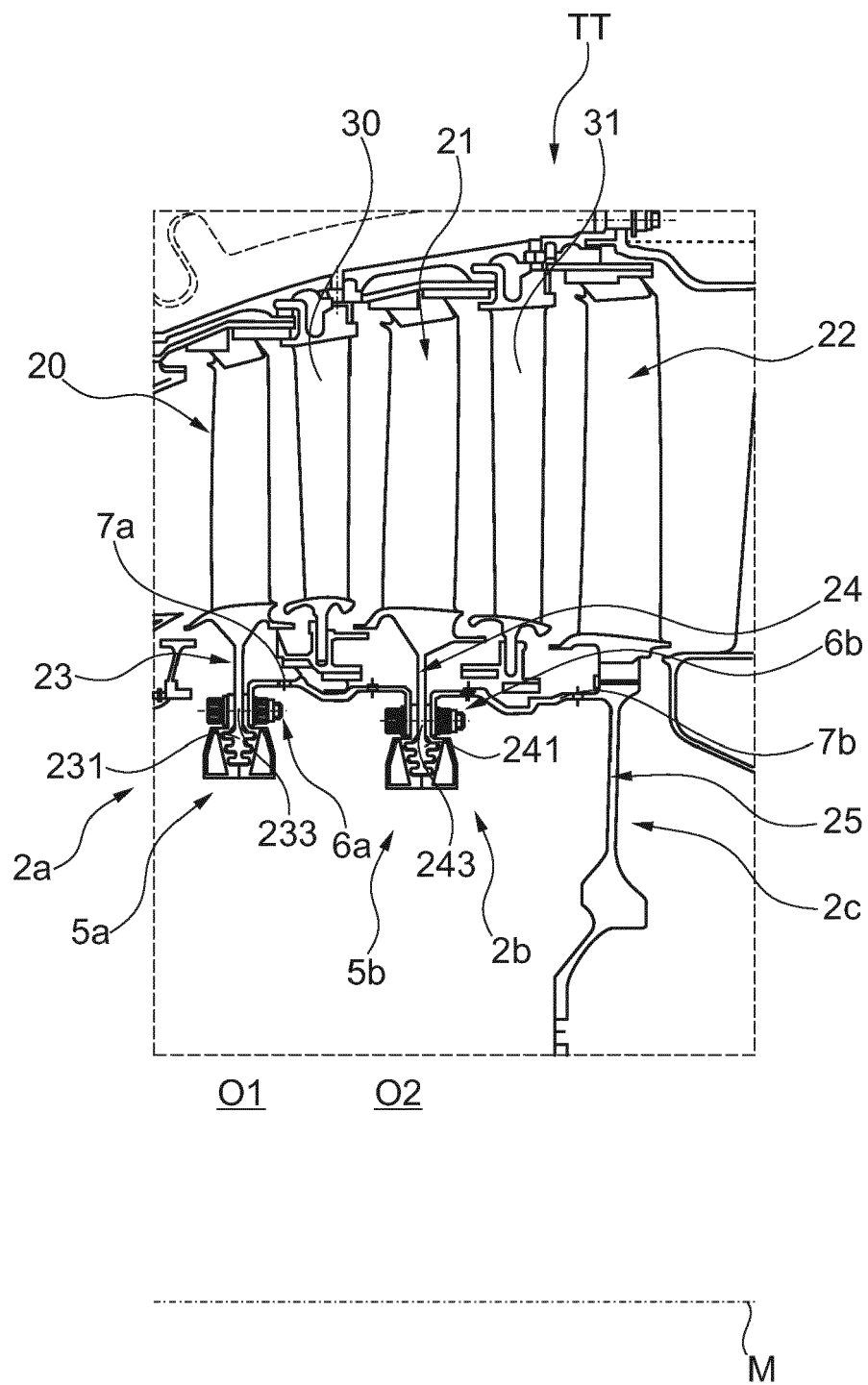


Fig. 1

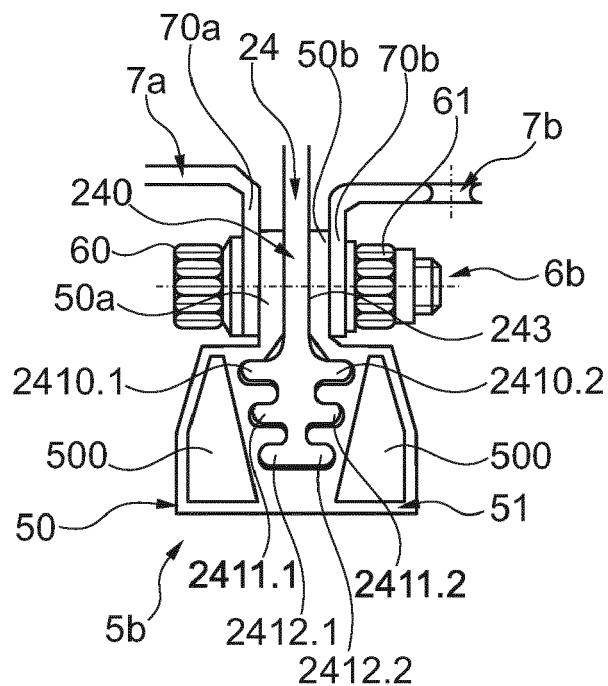


Fig. 2

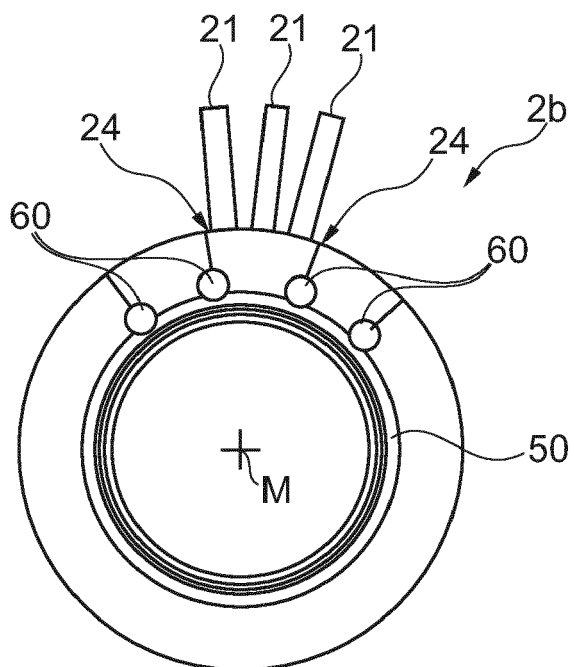
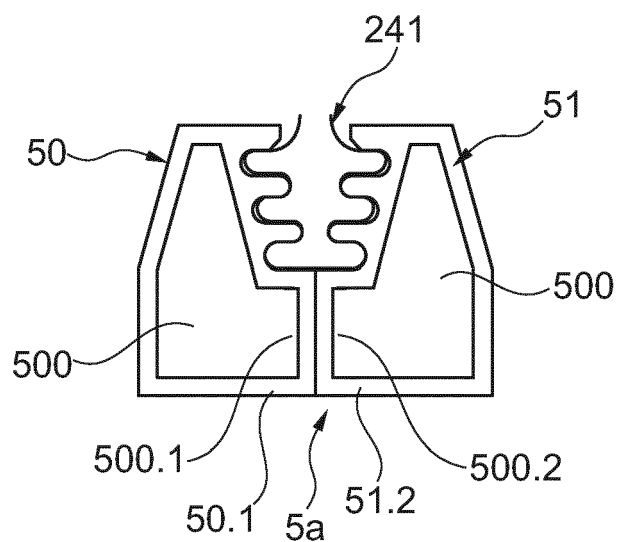
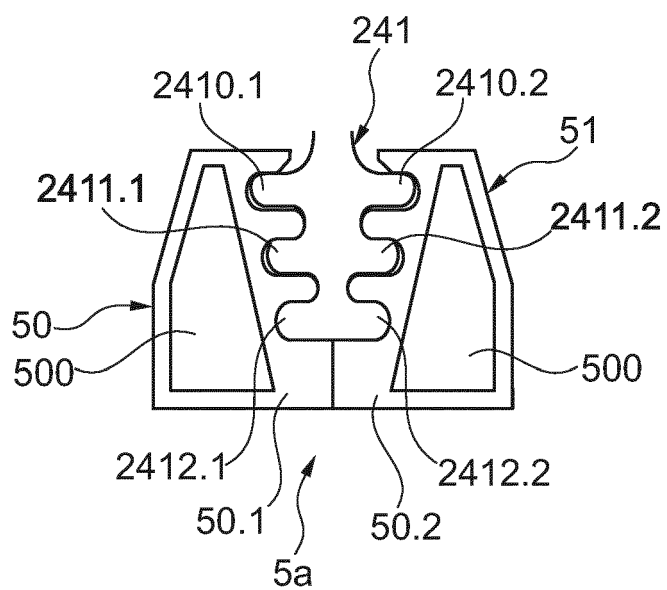
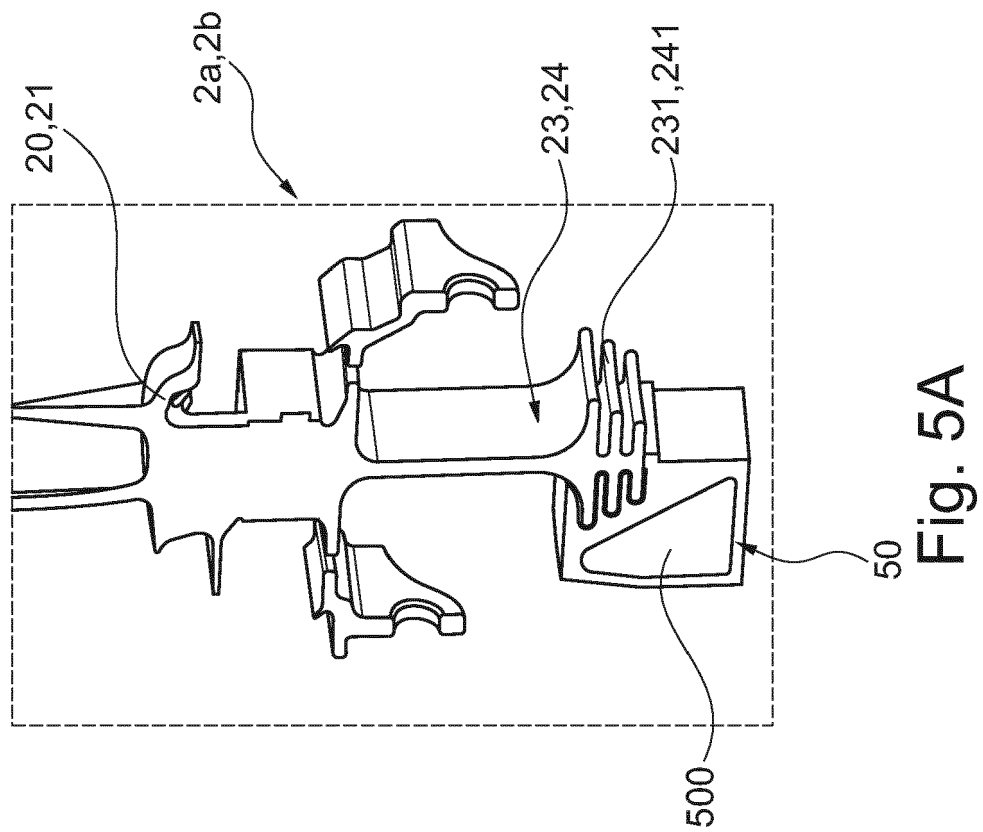
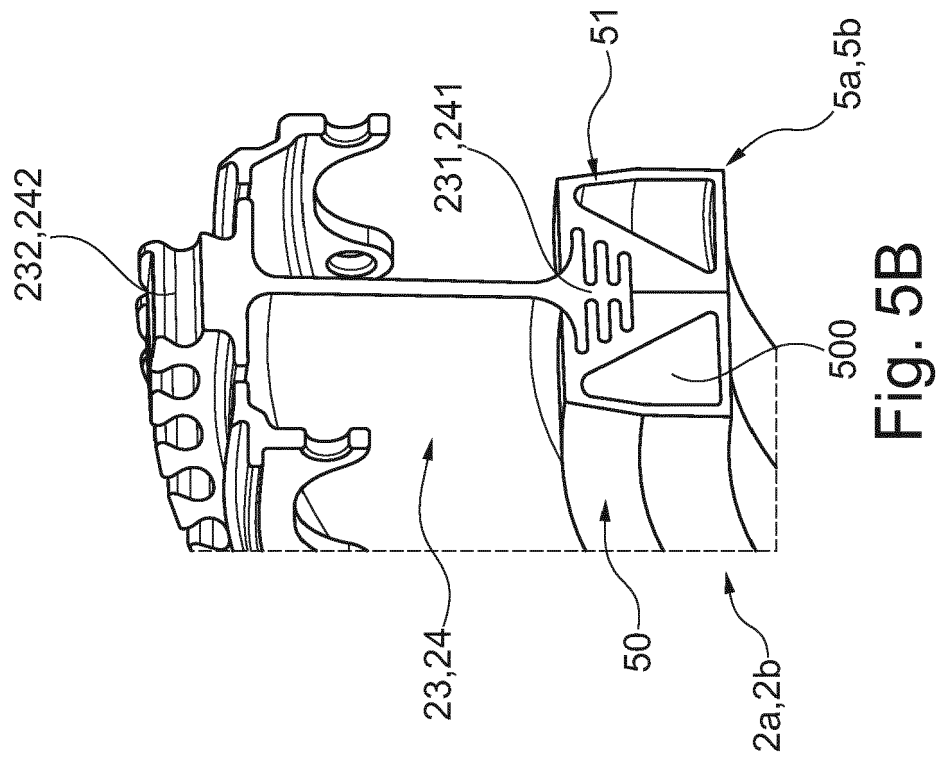


Fig. 3





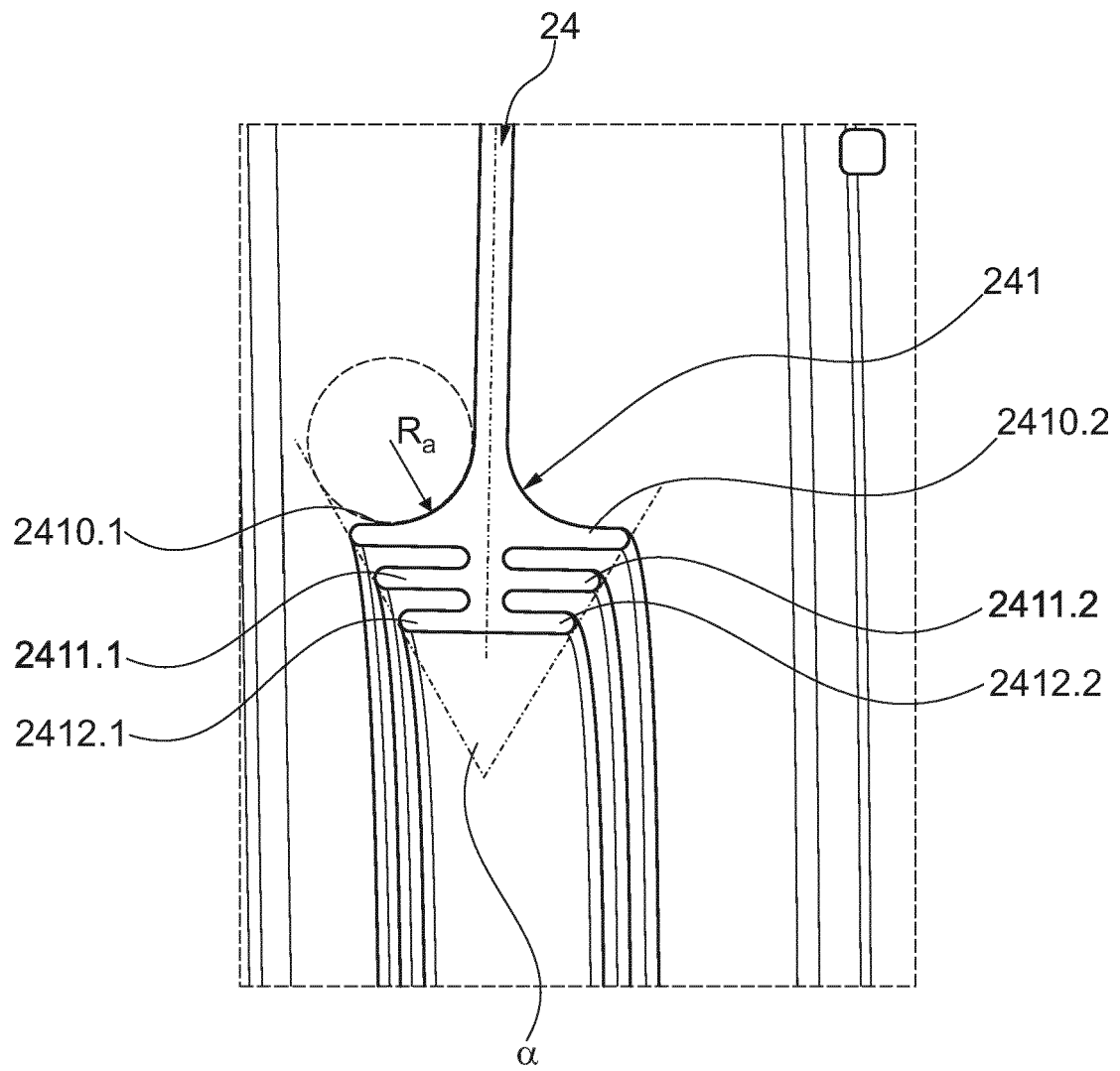


Fig. 6

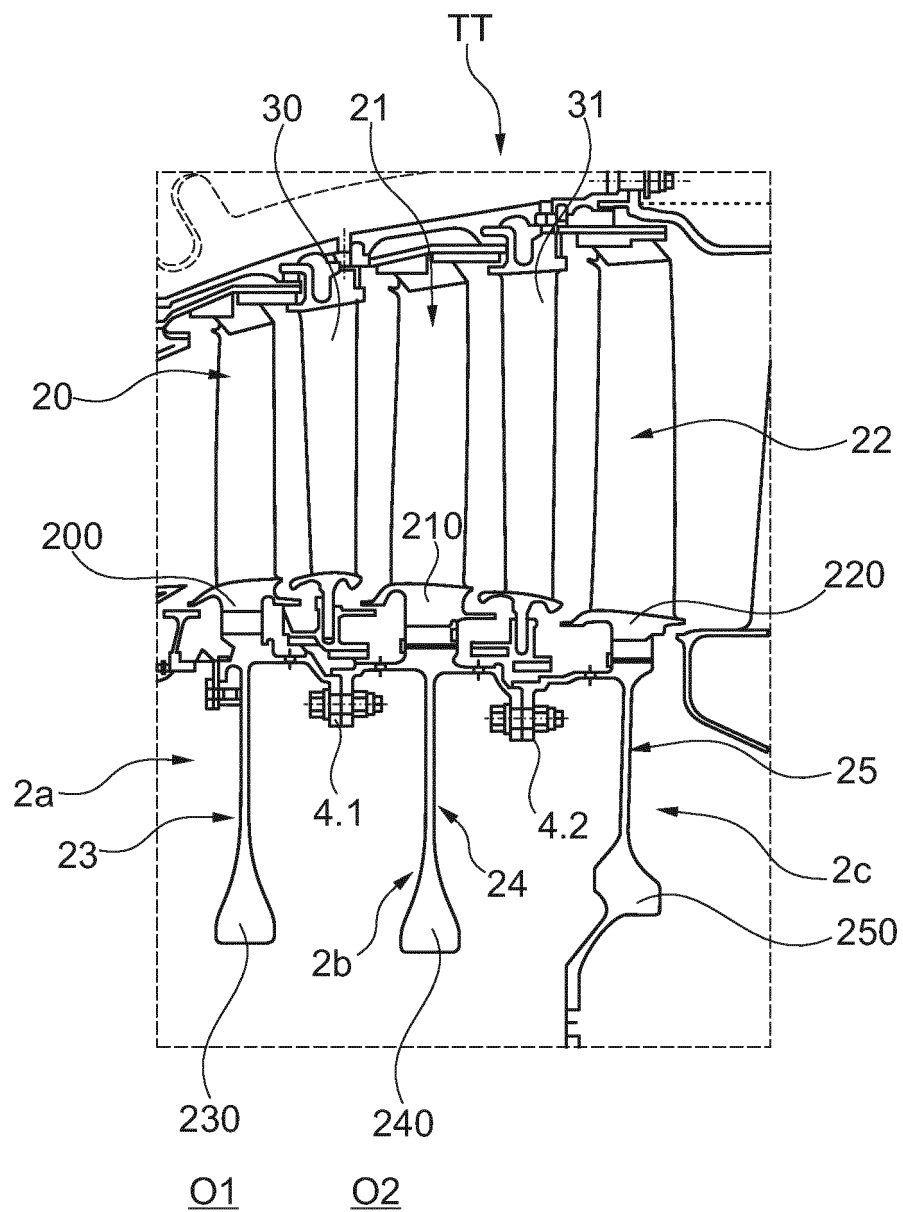
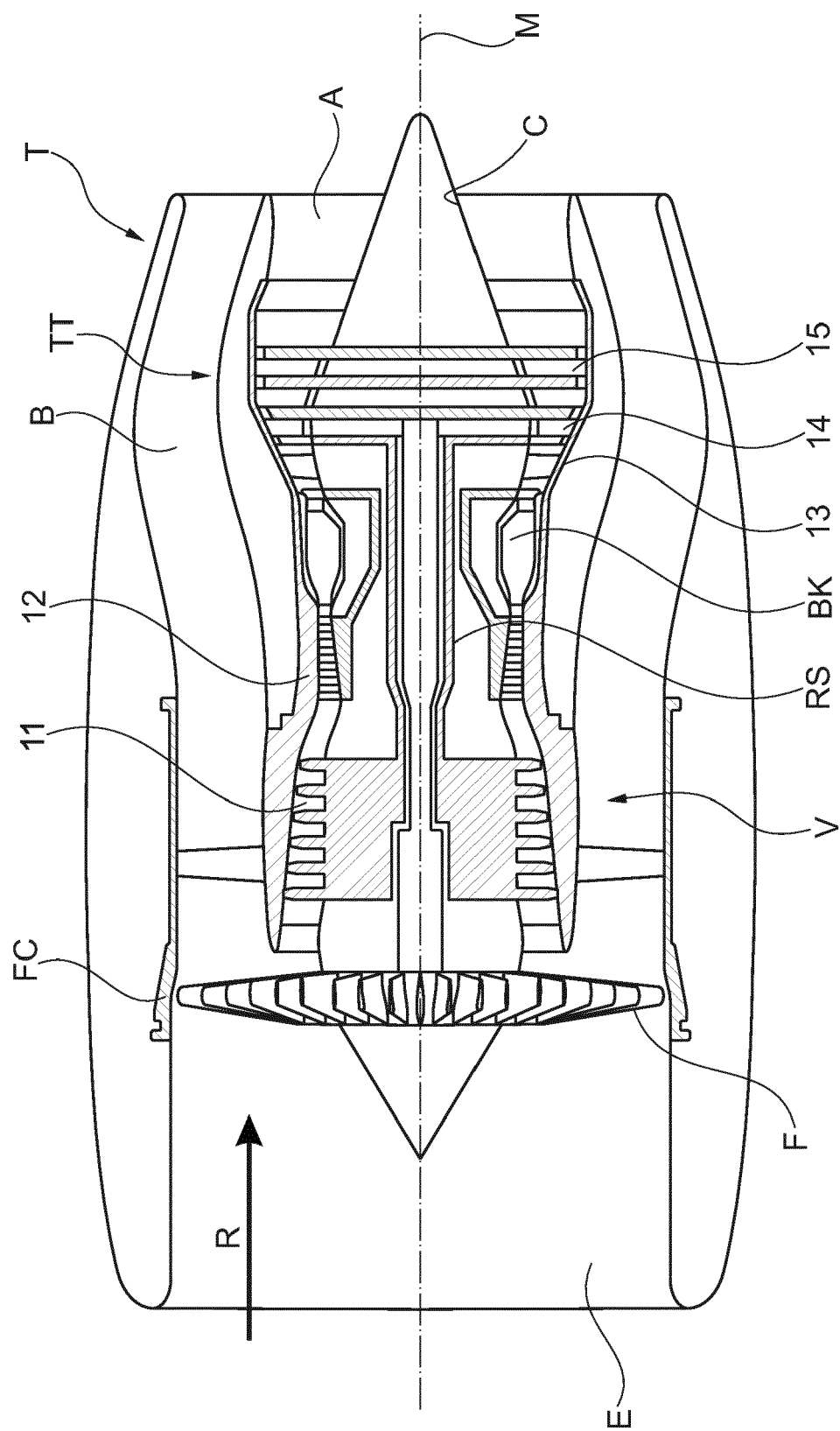


Fig. 7
Stand der Technik



ॐ
ॐ
ॐ



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 17 19 5634

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X A	US 5 660 526 A (RESS ROBERT A JR [US]) 26. August 1997 (1997-08-26) * Abbildungen 3-6 * * Spalte 3, Zeile 9 - Spalte 6, Zeile 25 * -----	1-3,5-8, 15 9-14	INV. F01D5/02
X	US 3 610 777 A (WAGLE JOSEPH A) 5. Oktober 1971 (1971-10-05) * Abbildungen 1-4 * * Spalte 2, Zeile 11 - Spalte 4, Zeile 23 * * -----	1-6,9, 11,15	
X	US 1 325 208 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 16. Dezember 1919 (1919-12-16) * Abbildung 1 * * Seite 1, Zeile 63 - Zeile 110 * * -----	1-6,15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 25. Januar 2018	Prüfer Lutoschkin, Eugen
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 17 19 5634

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

25-01-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	US 5660526	A	26-08-1997	DE	69629332 D1	11-09-2003
				DE	69629332 T2	19-08-2004
15				EP	0747573 A1	11-12-1996
				JP	3153764 B2	09-04-2001
				JP	H0921301 A	21-01-1997
				US	5660526 A	26-08-1997

20	US 3610777	A	05-10-1971	CA	929863 A	10-07-1973
				GB	1296310 A	15-11-1972
				US	3610777 A	05-10-1971

	US 1325208	A	16-12-1919	KEINE		

25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10163951 C1 [0003] [0004]
- DE 10218459 B3 [0003] [0004]